

尾本原子力委員の韓国出張報告

1. 目的

4 月 14 日～16 日にソウルで開催される韓国原子力産業会議／韓国原子力学会第 25 回年次大会※¹に出席し、招待講演を行うとともにパネル討論に参加する。また、韓国教育科学技術部を訪問するほか、韓国科学技術院 (KAIST)、ソウル国立大学の有識者と会談を行い日韓両国の原子力政策に関する意見交換を行う。

2. 日程

- 4 月 14 日 (水) 羽田国際空港発→ソウル・金浦空港着
- 4 月 15 日 (木) 韓国原子力産業会議／韓国原子力学会第 25 回年次大会に出席。
- 4 月 16 日 (金) 韓国原子力産業会議／韓国原子力学会第 25 回年次大会に出席。韓国教育科学技術部訪問。韓国科学技術院 (KAIST) 副学長と面談。
- 4 月 17 日 (土) ソウル国立大学訪問。
ソウル・仁川空港発→成田空港着

3. 結果概要

3.1. 第 25 回韓国原産大会

文部科学大臣出席のもと約 300 人の聴衆を集めて開催された。

会議は、初日にはプレナリーセッションと国際協力に関するパネルが開催され、2 日目には安全や燃料技術、廃棄物処理処分に関して幾つかのセッションが平行して開かれた。会場には Doosan, KHNP, WH, AREVA など 12 機関/会社の展示ブースが設けられていた。会議は無料で、展示会には沢山の高校生が見学にきていた。

全体として、ヨルダンからの研究炉受注、UAE からの商業用原子炉 4 基受注、さらには 2012 年の第二回核セキュリティサミットの韓国開催決定ほかのニュースに原子力界は高揚した雰囲気であり関係者がこれらを祝福するという様子であった。UAE での成功は、韓国原子力界が一体となって KEPCO のリーダーシップのもとに働いた結果達成されたものであるとの認識が一般人を含め深ま

っているようであり、これは会場で流された KEPCO の”KEPCO promotes the future growth of Korea”のビデオメッセージに一致する。昼食会でも成果を讃えるとともに、「勝って兜の緒を締め」（日本の諺と紹介されていた）て、将来は 2030 年までに一兆ドルになると見られる世界の新規原子力発電所発注の 2 割受注に向けて気合いをいれるかけ声が飛んでいた。当面はヨルダンとトルコでの受注に努力を傾けているようである。韓国は原子力協力と輸出促進も考えて、今までに 23 カ国と原子力協力の二国間協定を結び、11 カ国と合同委員会を設定しているとのこと。

1) 会議での韓国からの主要な発表と議論

- 韓国の原子力発電は、初期のターンキープロジェクトから、OPR-1000 を経て APR-1400 で高い国産化率を達成した。現在の kWh シェアは 36% (20 基運転) であり、2030 年にはこれを 59%にしたいと考えている。初号機の運転を開始した 1982 年から今日まで物価上昇率は 230%であるのに、電気料金はたった 14%しか上昇していないのは、安い原子力発電の貢献ゆえである。今後の KEPCO/KHNP の課題は、(a)安全運転の継続、(b)公衆の理解、(c)2012 年までに 2-3 の新たなサイトの確保、(d)UAE ほかの市場獲得と認識している (KHNP)。
- 韓国原子力界のこれからの主要課題は、安全/セキュリティ／核不拡散の確保、人材育成、建設費低減、将来技術の開発である。これらを国際的なパートナーシップの下、韓国がリーダーシップを発揮し取り組んでゆきたい。持続可能な発展に向けて 4 つの発展段階を考えている。その最終ステップは高速炉による発電と高温ガス炉による水素製造である(大会会長の KINS 理事長)。
- CANDU 炉からは 95Ton/年、PWR からは 20Ton/年の使用済燃料が排出され、現在年間 760Ton ずつ貯蔵量が増えており、発電所内貯蔵能力は 2016 年に限界に達する見込みである。中間貯蔵対策が急務で KRMC(Korean Radioactive Waste management Cooperation)が発電所外の中間貯蔵の設計と立地を検討し 2009 年に報告を出している。しかしながら、韓国ではリサイクルによる資源活用のための再処理を実現させたいとする意見が強く、燃料サイクル関係その他の発表において、当面する中間貯蔵の課題について言及しているものは少なく (KRMC 発表が一件)、導入によって直接処

分よりも処分場要件が大きく緩和されると考えられている高速炉と乾式再処理（Pyro-processing）の開発に関する発表が多かった。Pyro-processing に関して KAERI は、2011 年までに PRIDE 試験設備(PyRoprocess Integrated inactive DEmonstration facility; Mock-up using natural U, 10 Ton/year)運転、2016 年までに ESPF 試験設備(Engineering scale pyro-process facility, 10 Ton/year)運転、2025 年までにプロトタイプ施設(100 Ton/year)の運転を予定している。

- 韓国は EUR ほかの欧州基準に合致する欧州版 APR1400 を設計している。これは、n+2 基準、航空機落下対策、安全系の多様性、過酷事故対策（コアキャッチャーとその冷却系）などの点で、現在韓国で Shin-Kori 3,4 として建設中あるいは UAE に提案した APR1400 の設計と相違するという（KHNP）。なお、欧州版 APR1400 は 2 割ほど高い価格になるという評価もある。今後 UAE がこれらの点をどのように判断するかによっては、韓国で建設中の APR1400 に影響があることもあり得ると思われる。
- 韓国原子力委員会は 2008 年 12 月に、Na 冷却高速炉 1200MWe SFR の長期的な開発計画を承認し、KAERI では SFR-Pyro system としてサイクルと一体で研究開発を進めている。SFR の設計を 2017 年に終えて実証炉を 2028 年に完成させる予定。これにむけて STELLA(Sodium Test Lop)などの実験設備で実験を進める計画が報告された。STELLA では 2012 年から総合的なシステムテスト実施が計画されている。2 次系の超臨界 CO₂ による Brayton サイクルの利用についても実験を進め、2011 年末までに諸外国の状況も勘案しながら Brayton サイクル採用の可否について決断する予定。

2) 国外参加者からは以下の話があった

- 最大のエネルギー消費国として高々2%しか原子力の kWh シェアがない状況を早く変えたいと考えている。燃料の確保、人材確保、安全文化、品質保証など課題が沢山ある。（中国 CAEA）
- 出張者は、Key challenges for the use of nuclear energy for sustainable development of Japan”と題して初日午前のキーノートスピーチを行い、初日午後の国際協力のパネルでコメンテータの役を果たした。パネルでは、競争と協調について述べた後、責任ある利用と責任ある供給を行うべく、新規導入国ではインフラ整備の進んでいる事を明らかにし、原子炉供給者

では例えば核不拡散上のコミットメントに明確さを欠いている国や原子力基盤整備が進んでいない国への輸出を控えるといった code of conduct が考えられるべき、と述べた(Carnegie のドラフトにも言及)。UAE, AREVA からは賛同の声があったが、AREVA は新規導入国への要求を定めるのには時間がかかろうとの見方を示した。

- AREVA からは、AREVA の進めている国際的なパートナーシップの紹介があった。(a)AREVA の供給した施設の運転者との協力、(b)資源獲得への共同投資、(c)新規炉ニーズに応ずることの 3 本柱からなり、(c)では 1650MWe EPR に加えて 1100MWe ATMEA(MHI と)、1250MWe KERENA(eON と)について共同開発体制を取ってきた。アジアでは、日本(燃料サイクル、新規炉 ATMEA、JSW との長期供給契約)、中国(Taishan での EPR 建設、CGNPC とのエンジニアリングの合弁会社 WECAN、に加えて将来の燃料サイクルを濃縮転換ほかについて協議中)、韓国(KEPCO が Niger でのウラン開発の権利を 15%所有、仏での新規濃縮工場 GBII(7.5M SWU, 3B\$)の権利を 2.5%所有)との協力がある。
- WNA からは、最近 IAEA などに賛同を呼びかけて手紙を送った international design certification 他の話があった。WNA は 2001 年に UI を基盤に世界の原子力産業界組織として再構築を図って以来、会員が 3 倍になり、15 の WG(international design certification を提唱している CORDEL group、ガイドライン策定を企画している Nuclear law& contracting WG、インド中国とのビジネスに向けての regionally-centered WG、supply chain group など)を運営しているとの紹介があった。

3) 様々な参加者との意見交換から；

- KINS は、当面の大きな役割は UAE での APR1400 の許認可を支援することと考えている。また、世界の原子力安全に積極的に寄与しリーダーシップを発揮したいと考えている。KAIF/KNS に続く週の IAEA との共催の安全に関する国際フォーラムはその点で重要と考えている。UAE での APR1400 の許認可上の論点は、過酷事故対策(原子炉キャビテイでの原子炉圧力容器の外部冷却によるコリウムの in-vessel retention)と航空機落下対策であるが、前者は韓国では許認可上の扱いがグレイであるものの、いざとなれば core catcher を設置する事が可能と考えている。後者は韓国国

内では確率論に依拠して処理している。

- 新たに原子力発電導入を考えている新興国と韓国自身のための原子力専門家の育成に、従来からの幾つかの大学や KINS や KAIST における教育訓練に加え、(a) KAIST の UAE 分校設立, (b) KINGS (KEPCO International Nuclear Graduate School)の設立が計画されている。KINGS は、毎年 100 人（50%は韓国人学生、50%は国外からの学生）を修士博士課程で教育するもので、来年の開学に向けて準備を進めている。この学校は原子力プラントに特化したもので、理論よりも実学を重視しており、博士課程では学生が革新的な原子炉開発に取り組むこととしている（70 年代に KAIST 設立を主導した一人である KunMo Chung 会長）。
- 関係者から話を聞くと、韓国が国をあげて一致団結してチームで海外受注に取り組んでリスクも覚悟している様は、日本の比では無いし、仏ともかなり差がある（欧州のジャーナリスト）。一つの目的を果たすために幾つかの重複する機関がなく責任が明確なのが韓国とフランスの良い所だ。ただ、実際の意見調整は大変（SNU）。
- 原子力ルネッサンスと言われているが、短期的に見て実際に新規建設が進むのは明らかにアジア。重心は中国インドを含み一層アジアに傾いてきている。その他の多くの新興国の計画には懐疑的だ。日本は西欧と同様、新たな需要の伸びが少ない中、他の国で当たり前に行われ実績のある運転サイクルの長期化や出力向上などによる既設炉の一層の活用にやっと真剣な目が注がれて来たように見える(欧州のジャーナリスト)。
- 韓国にとって 2014 年に予定されている米国との原子力協定改訂の際に乾式再処理を認めて貰う事が悲願で、日本の支援期待。日韓米による乾式再処理の共同開発も期待。

3.2. 教育科学技術省との意見交換(4 月 16 日)

教育科学技術省原子力局を訪問し、原子力協力課長および原子力安全課長と韓国の Green Growth 戦略の中の原子力、原子力利用拡大を進める中での政策課題を中心に意見交換した（局長と原子力政策課長は国会に呼ばれ、会うことが出来なかった）。

[註]韓国では前政権の Green Engine 政策を発展させて Green Growth 政策のもと 2009 年末に大統領が議長を務める Presidential committee on green growth

と NSTC (National Science and Technology Committee)で、この成長戦略に資する 5 領域 27 技術(High Priority Green Technology)が研究開発促進対象として選択されその R&D に年間 1000 億円 (国家研究開発予算の概ね 10%) が投資されている。高効率化と並んでエネルギー源は最も多い選定技術を擁する領域であり、SFR と使用済燃料の pyro-processing 技術などが入っている。Green technology により 160 万人の新たな職を生み出し、個々の分野別で世界市場の 7-10%以上を獲得することが目標とされている。

- UAE での成功から、政権内で原子力プラントの輸出拡大への期待が高い。
- Green Growth 基本法 (低炭素グリーン成長基本法) の策定当初 (2009 年) には、反対意見もあったことから基本法に原子力という言葉は出てこない。しかし、法に基づく低炭素グリーン成長国家戦略 (2009 年 7 月策定) (<http://www.greengrowth.go.kr/www/policy/strategy/strategy.cms>) 、 5 カ年実施計画 (http://www.greengrowth.go.kr/english/en_policy/en_direction/en_direction_01.cms) には原子力が書かれ、プライオリティの高い技術の中に Na 冷却高速炉、乾式再処理、VHTR(高温ガス炉)が含まれている。電気自動車など民間での技術開発を促進する為にプライオリティが高いとして選ばれた技術には研究開発資金の政府支援があるものの、KAERI など公的な研究機関に Green Growth に関係するといった研究開発資金の増額があった訳ではない。
- 放射線利用については、規制だけではなく、2002 年にその利用拡大も規制も併せた法律が制定され、RI 製造の専用炉建設も検討されている。
- 原子力利用拡大を進める中で大きな政策課題は、使用済燃料とその乾式再処理、人材育成で、後者は特に UAE への原子力発電所輸出成功後に課題として浮上しており、政府内に WG を設けて政策論議をしている。
- 今後の日本との関係では、現在交渉が進められてきている日韓原子力協定の締結で包括的協力関係が出来上がる事、殊に KAERI-JAEA の間で VHTR および SFR での協力関係が進む事を期待している。

3.3. KAIST との意見交換

KAIST は 1971 年に韓国の工業化を進める人材育成の為に設立された科学技術の大学院教育を主体にした国立特殊大学で KAERI と同じ Deajeon 市にあり、おおよそ 7000 人の学生と 400 人の教員を擁している。原子力教育は基礎と理論

を重視しているが、実用的な開発の分野で ANL の Chang 氏 (IFR, 金属燃料の乾式再処理、タンク型 FR の開発で知られる) を期間教授に迎えるなど乾式再処理や海外との連携にも力を入れている。原子力分野も見ている Soon Heung Chang 副学長は、日本と韓国が乾式再処理分野で協力することを期待している旨、強調していた。

3.4. SNU (ソウル国立大学) 訪問

SNU 原子力工学科に原子炉用材料開発、鉛ビスマス炉(300MWe PEACER, 35MWe PASCAR)と Pyro-processing の技術開発などを行っている NUTREK 研究センターを訪れ施設見学も行った。ここでは OECD/NEA, IPPE, FZK などと協力しつつ鉛ビスマス炉開発の一環として

- 燃料(U-TRU-Zr) の研究開発
- 被覆管材料の研究開発 (HT9,T91 の内側に V coating 外側に FeCrAl coating を施したハイブリッド被覆管)
- 大型ループ HELIOS を用いた鉛ビスマスの流動と適合材料研究などを行ってきている。

PASCAR は自然循環による動的機器削減、20 年間燃料交換不要、minor actinide 消滅を標榜する小型炉。NUTRECK 研究センター(Nuclear Transmutation Energy Research Center of Korea)の特色は、a) 幾つかの研究施設を有する事、b) 幾つかの専門分野の研究者(9 人の教員)が共同で研究開発する環境が整っている事、c) 海外との強い連携と海外への発信(例えば、治外法権領域での機微なサイクル技術施設の運用は独外相提言に先立つ10年前から提言と言っている)。

大学での原子力教育と研究について意見交換を行った(SNUは2万人の学部学生、1万人の院生、2000人の教員を抱えて東大に対比される大学。東大は、1.5万人の学部学生、1.5万人の院生、7500人の教員)。主要な点は以下のとおり；

- 1) 韓国では6大学(SNU、漢陽大、慶熙大、朝鮮大、済州大、KAIST)に原子力専攻部門が設けられ、年間概ね学部卒 170-200 人、修士+博士 50 人を卒業させている。SNU 原子力工学科は原子力システム(炉とサイクル)に6人、核融合に4人、放射線利用に2人の教授を擁している。

- 2) しかし、SNU では学部卒 30 人のうち約 1/3 しか原子力関係の職に就かず他は IT 関係や法科大学院に行く。本来原子力を学びたいとして専攻を選んだ訳ではない学生が多いことを伺わせるが、a)産業界側の事情（経験ある技術者を即戦力として欲しい。海外展開には退職者の活躍が期待されている）により必ずしも多くの職が新卒者に用意されていないこと、b)過去 10 年間の前政権(1998-2007)下では必ずしも原子力に重きが置かれなかったこと、にも原因があると考えている。前政権時代(1998-2007)に原子力は正當に扱われてこなかった。原子力への学生の人気も落ち「失われた 10 年」と形容したいほどだ。
- 3) 大学を含めた原子力の研究開発全体を円滑に進めてゆく上で、教育科学技術省と知識経済省という 2 つの省が関与する行政の実態はいずれ効率化されねばならないと考えている。例えば、NUTRECK 研究センターは当初は教育科学技術省から、2002 年からは知識経済省による教育支援という考えで予算措置がされているが、今は教育科学技術省の先端技術開発として適切に位置づけられている訳ではない。（韓国の新聞に”Time to revisit Korea’s fast reactor choice”という紙面 1 枚以上を使った SNU の NUTRECK 研究センターの活動を紹介する記事）。pyro-process でも、目標は KAERI では廃棄物の量的な減少、SNU では高速炉と併せ miner actinide の処理による長期的環境負荷低減と焦点が少し異なる。
- 4) 大学での教育と研究は、認識されたあるいはされることになるであろう課題に先験的積極的に取り組むことに大きな意義があり、韓国ではそれは、高度な安全と核不拡散、廃棄物の毒性低減であると考えている。設置が検討されている KINGS については、先端技術開発をもっと志向しないと KEPCO 内部のキャリアパスあるいは再教育機関になってしまうのではないかという懸念を有している。

以上